

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-239690

(43)Date of publication of application : 27.08.2002

(51)Int.Cl.

B22D 11/10

B22D 11/115

(21)Application number : 2001-045097

(71)Applicant : SUMITOMO METAL IND LTD  
KYUSHU REFRACT CO LTD

(22)Date of filing : 21.02.2001

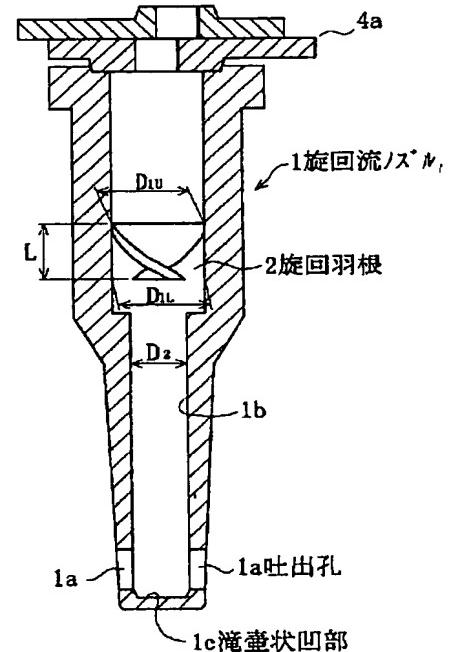
(72)Inventor : TSUKAGUCHI YUICHI  
KATO TORU  
KAWAMOTO MASAYUKI  
MARUKAWA YUJO  
HARA SHIGETA  
YOKOYA SHINICHIRO  
NONOBE KAZUO

## (54) IMMERSION NOZZLE FOR CONTINUOUS CASTING AND CONTINUOUS CASTING METHOD

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To make clear of the specification of a swirling blade and the shape of a swirling nozzle.

**SOLUTION:** A continuous casting is performed by using the swirling nozzle which sets 0.8–3.0 twist pitch  $P_c$  of the swirling blade, 60–180° twist angle  $\theta$  of the swirling blade, 50–250 mm outer diameter (=2 radius) of the swirling blade, 5–30% of the outer diameter to the thickness of the swirling blade, and in the range of 0.5–1.8 times of the minimum value of the effective crossing area  $S_e$  of the swirling blade part in the cross sectional area after reducing, by reducing the inner diameter in the interval between the lower end of the swirling blade and a spouting hole, and is in the range of 0.3–2.0 (m) the required head predicted value  $H$  between a tundish and a mold. Thus, in the two-hole nozzle, such effect that surface defect on the cast slab is reduced can be expected, and in the single-hole nozzle, such effects that the cast slab surface is improved and porosity (shrinkage hole) defect at the center part of the cast slab is reduced can be expected.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 26.03.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3515762

[Date of registration] 23.01.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-239690

(P2002-239690A)

(43)公開日 平成14年8月27日(2002.8.27)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
B 22 D 11/10  
11/115

識別記号  
3 3 0

F I  
B 22 D 11/10  
11/115

テーマコード(参考)  
3 3 0 A 4 E 0 0 4  
3 3 0 C  
C

審査請求 未請求 請求項の数12 O.L (全 15 頁)

(21)出願番号 特願2001-45097(P2001-45097)

(22)出願日 平成13年2月21日(2001.2.21)

(71)出願人 000002118  
住友金属工業株式会社  
大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号  
(71)出願人 000164380  
九州耐火煉瓦株式会社  
岡山県備前市浦伊部1175番地  
(72)発明者 塚口 友一  
和歌山県和歌山市湊1850番地 住友金属工  
業株式会社和歌山製鉄所内  
(74)代理人 100060829  
弁理士 溝上 満好 (外2名)

最終頁に続く

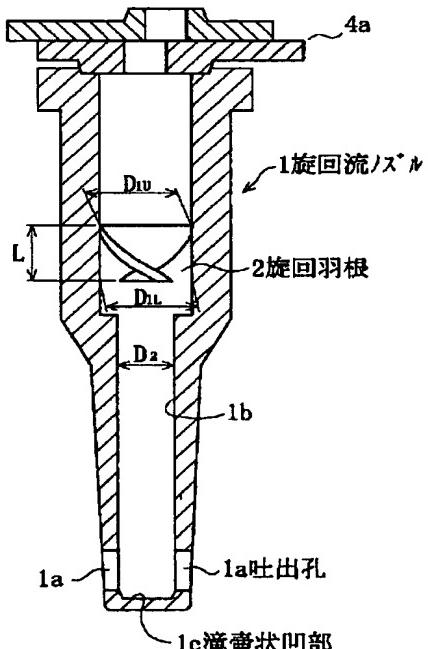
(54)【発明の名称】連続鋳造用浸漬ノズル並びに連続鋳造方法

(57)【要約】

【課題】 旋回羽根の仕様や旋回流ノズルの形状を明らかにすること。

【解決手段】 旋回羽根振りピッチ $P_c$ を0.8~3.0、旋回羽根振り角 $\theta$ を60~180°、旋回羽根の外径( $=2R$ )を50~250mm、旋回羽根の厚みを外径の5~30%とし、旋回羽根下端と吐出孔との間において内径を絞り、その絞り後の横断面積を旋回羽根部流路有効断面積 $S_e$ の最小値の0.5~1.8倍の範囲内に設定すると共に、タンディッシュと鋳型間の必要ヘッド予測値 $H$ を0.3~2.0(m)の範囲内におさめた旋回流ノズルを使用して連続鋳造する。

【効果】 2孔ノズルでは、鋳片表面疵を低減するという効果が期待でき、また、単孔ノズルでは、鋳片肌が改善されたり鋳片中心部のボロシティ(引け巣)欠陥が減少するという効果が期待できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 連続鋳造用タンディッシュ底部における流量調整装置の下流側に取り付けられ、内部に捩り板型旋回羽根を設置した浸漬ノズルであって、下記①式に定義される旋回羽根捩りピッチ $P_c$ を $0.8 \sim 3.0$ 、旋回羽根捩り角 $\theta$ を $60 \sim 180^\circ$ 、旋回羽根の外径(= $2R$ )を $50 \sim 250\text{ mm}$ 、旋回羽根の厚みを前記旋回羽根の外径の $5 \sim 30\%$ とし、旋回羽根下端と吐出孔との間において内径を絞り、その絞り後の横断面積を下記\*

$$S_e (\text{mm}^2) = \sin(\tan^{-1}(2 \cdot P_c \cdot \theta / \pi^2)) \cdot S_1 \quad \dots \textcircled{2}$$

但し、 $S_1$ ：旋回羽根部横断面流路面積( $\text{mm}^2$ )

$$H (\text{m}) = (560 \cdot K + 0.06) \cdot \text{EXP}(0.024 \cdot T_P) \quad \dots \textcircled{3}$$

但し、 $T_P$ ：溶鋼スループット( $\text{kg/sec}$ )

$K$ ：旋回速度定数( $\text{mm}^2$ )

$$[= (D_1 / D_2) \cdot (\pi / (2 \cdot P_c \cdot S_1))]$$

$D_1$ ：旋回羽根部ノズル内径( $\text{mm}$ )

$D_2$ ：旋回羽根下端と吐出孔間における絞り後のノズル内径( $\text{mm}$ )

【請求項2】 旋回羽根上端の長手方向がタンディッシュ底部のスライディングゲートの摺動方向と平行となるように設置されていることを特徴とする請求項1記載の連続鋳造用浸漬ノズル。

【請求項3】 旋回羽根の上端から $200\text{ mm}$ 以内の上流側において、内径を断面積で $10 \sim 35\%$ 縮減する絞り部を設けたことを特徴とする請求項1又は2記載の連続鋳造用浸漬ノズル。

【請求項4】 底部近傍に対向する2つの吐出孔を有した請求項1～3の何れか記載の連続鋳造用浸漬ノズルにおいて、タンディッシュ底部の流量調整装置の下流側に設置した際、2つの吐出孔からの吐出流が矩形断面鋳型の長辺と平行に吐出するように、前記2つの吐出孔を鋳型長辺と平行な線から反旋回方向に $2 \sim 10^\circ$ 振った状態となるように開設したことを特徴とする連続鋳造用浸漬ノズル。

【請求項5】 底部近傍に対向する2つの吐出孔を有した請求項1～3の何れか記載の連続鋳造用浸漬ノズルを、2つの吐出孔からの吐出流が矩形断面鋳型の長辺と平行に吐出するように、前記2つの吐出孔が鋳型長辺と平行な線から反旋回方向に $2 \sim 10^\circ$ 振った状態となるように設置して鋳造することを特徴とする連続鋳造方法。

【請求項6】 底部近傍に対向する2つの吐出孔を有した請求項1～3の何れか、又は、請求項4記載の連続鋳造用浸漬ノズルにおいて、ノズル中心軸に対し点対称となるように底部近傍に開孔させた対向する2つの吐出孔の、幅をノズル孔内径よりも小さい矩形状となるように形成すると共に、これらの吐出孔の側壁の一方をノズル孔内壁に沿う旋回流の旋回接線方向に倣って開孔させたことを特徴とする連続鋳造用浸漬ノズル。

【請求項7】 底部に深さが $5 \sim 30\text{ mm}$ の滝壺状凹部

\* ②式で定義される旋回羽根部流路有効断面積 $S_e$ の最小値の $0.5 \sim 1.8$ 倍の範囲内に設定すると共に、下記③式で示したタンディッシュと鋳型間の必要ヘッド予測値 $H$ を $0.3 \sim 2.0\text{ (m)}$ の範囲内におさめたことを特徴とする連続鋳造用浸漬ノズル。

$$P_c = L \cdot \pi / (2 \cdot R \cdot \theta) \quad \dots \textcircled{1}$$

但し、 $L$ ：旋回羽根捩り部長さ( $\text{mm}$ )

$R$ ：旋回羽根半径( $\text{mm}$ )

$\theta$ ：旋回羽根捩り角( $\text{rad}$ )

20 設け、ノズル中心軸に対し点対称となるように底部近傍に開孔させた対向する2つの吐出孔からの吐出角度が下向きに $15 \sim 40^\circ$ で鋳型内湯面(メニスカス)の平均流速が $20 \sim 60\text{ cm/sec}$ になるよう吐出孔形状が調整されて設けられていることを特徴とする底部近傍に対向する2つの吐出孔を有した請求項1～3の何れか、或いは、請求項4又は6記載の連続鋳造用浸漬ノズル。

【請求項8】 吐出孔の上壁を半径 $R_1$ が $40 \sim 180\text{ mm}$ の円弧状となし、ノズル孔内壁から吐出孔上壁に向って拡管状断面を有するように成形したことを特徴とする底部近傍に対向する2つの吐出孔を有した請求項1～3の何れか、或いは、請求項4又は6又は7記載の連続鋳造用浸漬ノズル。

30 【請求項9】 矩形断面鋳型の幅中央から $50\text{ mm}$ 以内に設置した請求項1～4、6～8の何れか記載の連続鋳造用浸漬ノズルを介して溶鋼を供給することを特徴とするスラブの連続鋳造方法。

【請求項10】 底の無い単孔の吐出孔のノズル孔内壁との連続部分を、半径 $R_2$ が $40 \sim 180\text{ mm}$ の円弧状となし、ノズル孔内壁から吐出孔に向って拡管状断面を有するように成形したことを特徴とする底の無い単孔の吐出孔を有した請求項1～3の何れか記載の連続鋳造用浸漬ノズル。

40 【請求項11】 請求項10記載の連続鋳造用浸漬ノズルを用い、かつ、旋回方向と同方向の水平循環流を形成するよう鋳型内を電磁攪拌することを特徴とするスラブの連続鋳造方法。

【請求項12】 請求項10記載の連続鋳造用浸漬ノズルを用い、鋳型内電磁攪拌を実施しないことを特徴とする丸ビレットの連続鋳造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、鋼の連続鋳造方法において使用される、内部に捩り板型旋回羽根を設置してノズル内を流下する溶鋼に旋回流を付与する連続鋳造用浸漬ノズル(以下、「旋回流ノズル」ともいう。)及びこの旋回流ノズルを用いた連続鋳造方法に関するもの

50

である。

【0002】

【従来の技術】浸漬ノズル内を流下する溶鋼に旋回流を付与すると、底面に対向する2つの吐出孔を有する2孔ノズルの場合には、遠心力により2つの吐出孔に溶鋼が強制的に分配されて吐出するので、2つの吐出孔からの吐出流量や吐出速度の変動が小さくなつて吐出孔からの吐出流の状態が安定し、鋳型内に不均等な流動（片流れ）が生じ難くなる。

【0003】片流れは、鋳型内の溶鋼流速を著しく変動させて、鋳型内溶鋼流の停滞に伴つて溶鋼流の凝固シェル洗浄作用が低下し、非金属介在物や気泡が凝固シェルに捕捉されやすくなつたり、鋳型内における過大な溶鋼流速が渦を発生させてモールドバウダーなどを鋳片内に巻き込む原因となる。

【0004】これら鋳型内流動の不均等（片流れ）に起因する鋳片表面疵の低減には、旋回流ノズルの適用が有効であると期待されている（例えば、CAMP-ISIJ（1997），809）。

【0005】また、筒状ノズルの底部に1つの吐出孔を有する単孔ノズルの場合に旋回流ノズルを適用すると、遠心力により吐出流が広がりながら吐出するので、吐出流速が低下し、吐出流が鋳片内に侵入する深さが低下するという、電磁ブレーキ的效果が得られる。

【0006】この効果により、鋳型内における介在物の浮上が促進されたり（例えば、A. Vaterlaus et al, 3rd Conf. on CC（1998），715）、鋳型内湯面（メニスカス）温度が上昇してモールドバウダーの溶融淬化が促進され鋳片肌が改善されたり、鋳片内部の温度が低下して等軸晶が増え鋳片中心部のボロシティ（引け巣）欠陥が減少したりするといった効果が期待されている。

【0007】上述のような効果が期待されているにも関わらず、旋回流ノズルが実用化された報告例は無い。それは、実機において浸漬ノズル内に旋回流を形成する手法が確立されていないからに他ならない。従来、浸漬ノズル内を流下する溶鋼に旋回流を付与する実用的な方法として、CAMP-ISIJ（1997），753や、特開平11-90593号に記載されたように、捩り板型の固定式旋回羽根をノズル内に設置する方法が知られている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、これらの開示例にはノズル内部に捩り板型旋回羽根を設置した浸漬ノズルを実用化するに際し、要求される旋回羽根の仕様・浸漬ノズルの形状を明記したものではなく、単なるアイデアにとどまっていた。

【0009】本発明は、かかる実情に鑑みてなされたものであり、ノズル内部に捩り板型旋回羽根を設置した旋回流ノズルを実用化するに際し、要求される旋回羽根の

仕様や旋回流ノズルの形状を、各種実験やシミュレーションを重ねて明らかにしたものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記した目的を達成するために、本発明は、下記式1に定義される旋回羽根捩りピッチ $P_c$ を $0.8 \sim 3.0$ 、旋回羽根捩り角 $\theta$ を $60 \sim 180^\circ$ 、旋回羽根の外径（= $2R$ ）を $50 \sim 250\text{mm}$ 、旋回羽根の厚みを外径の $5 \sim 30\%$ とし、旋回羽根下端と吐出孔との間に内径を絞り、その絞り後の横断面積を下記式2で定義される旋回羽根部流路有効断面積 $S_e$ の最小値の $0.5 \sim 1.8$ 倍の範囲内に設定すると共に、下記式3で示したタンディッシュと鋳型間の必要ヘッド予測値 $H$ を $0.3 \sim 2.0\text{(m)}$ の範囲内におさめた旋回流ノズルを使用して連続鋳造することとしている。そして、このようにすることで、2孔ノズルの場合には、鋳片表面疵を低減するという効果が期待でき、また、単孔ノズルの場合には、鋳片肌が改善されたり鋳片中心部のボロシティ（引け巣）欠陥が減少するという効果が期待できる。

【0011】

$$[数1] P_c = L \cdot \pi / (2 \cdot R \cdot \theta)$$

但し、 $L$ ：旋回羽根捩り部長さ（mm）

$R$ ：旋回羽根半径（mm）

$\theta$ ：旋回羽根捩り角（rad）

【0012】

$$[数2] S_e (\text{mm}^2) = \sin(\tan^{-1}(2 \cdot P_c \cdot \theta / \pi^2)) \cdot S_1$$

但し、 $S_1$ ：旋回羽根部横断面流路面積（mm<sup>2</sup>）

【0013】

$$[数3] H (\text{m}) = (560 \cdot K + 0.06) \cdot \exp(0.024 \cdot T_P)$$

但し、 $T_P$ ：溶鋼スループット（kg/sec）

$K$ ：旋回速度定数（mm<sup>2</sup>）

$$[= (D_{11} / D_{12}) \cdot (\pi / (2 \cdot P_c \cdot S_1))]$$

$D_{11}$ ：旋回羽根部ノズル内径（mm）

$D_{12}$ ：旋回羽根下端と吐出孔間に絞り後のノズル内径（mm）

【0014】

【発明の実施の形態】本発明者らは、旋回流ノズルの実用化に際し、種々実験並びにシミュレーションを重ねた結果、捩り板型旋回羽根の設計が不適切であると流動抵抗が過大となって必要な溶鋼供給ができなくなる等の問題点を見出し、これらの問題点を解消する手法としての下記の本発明の完成に到つたのである。

【0015】すなわち、本発明に係る第1の連続鋳造用浸漬ノズルは、連続鋳造用タンディッシュ底部における流量調整装置の下流側に取り付けられ、内部に捩り板型旋回羽根を設置した浸漬ノズルであつて、上記式1に定義される旋回羽根捩りピッチ $P_c$ を $0.8 \sim 3.0$ 、旋回羽根捩り角 $\theta$ を $60 \sim 180^\circ$ 、旋回羽根の外径

(= 2 R) を 50 ~ 250 mm、旋回羽根の厚みを前記旋回羽根の外径の 5 ~ 30 % とし、旋回羽根下端と吐出孔との間において内径を絞り、その絞り後の横断面積を上記数式 2 で定義される旋回羽根部流路有効断面積  $S_e$  の最小値の 0.5 ~ 1.8 倍の範囲内に設定すると共に、上記数式 3 で示したタンディッシュと鋳型間の必要ヘッド予測値  $H$  を 0.3 ~ 2.0 (m) の範囲内におさめたものである。

【0016】ところで、捩りピッチ  $P_c$  とは、捩り板が 180° 捿られるのに直徑の何倍の長さを要するかという、捩りの強さを表す指標であり、その値が小さいほど捩りは強くなるが、本発明に係る第 1 の連続鋳造用浸漬ノズルにおいて、捩りピッチ  $P_c$  が 0.8 未満であると捩りが強過ぎ、旋回羽根を通過する溶鋼の流動抵抗が過大となって設計はもとより圧縮成型による旋回羽根の製造も困難になる。一方、捩りピッチ  $P_c$  が 3.0 を越えると、捩りが弱すぎて十分な旋回流が得られなくなる。そこで、本発明に係る第 1 の連続鋳造用浸漬ノズルでは、数式 1 に定義される旋回羽根捩りピッチ  $P_c$  を 0.8 ~ 3.0 としている。なお、数式 1 における旋回羽根半径が捩り羽根上端と下端で異なる場合には、平均値を用いて算出すればよい。

【0017】また、旋回羽根捩り角  $\theta$  とは、捩り板の捩り量を、捩り板の直徑と平行な面に投影して求めた角度であるが、本発明に係る第 1 の連続鋳造用浸漬ノズルにおいて、旋回羽根捩り角  $\theta$  が 60° 未満であると、ノズル内流路横断面に占める旋回羽根の占有面積が小さくなり、均等な旋回流が得られなくなる。一方、旋回羽根捩り角  $\theta$  が 180° を越えた旋回羽根捩り角  $\theta$  を付与することは、意味が無いばかりかいたずらに流動抵抗を増やす原因となる。さらに、圧縮成型による旋回羽根の製造も困難となる。そこで、本発明に係る第 1 の連続鋳造用浸漬ノズルでは、旋回羽根捩り角  $\theta$  を 60 ~ 180° としている。

【0018】また、本発明に係る第 1 の連続鋳造用浸漬ノズルにおいて、旋回羽根の外径 (= 2 R) が 50 mm 未満であると、この旋回羽根によって所定の旋回流を付与するためには、溶鋼流路が狭過ぎることになって溶鋼や銅中の非金属介在物の付着により容易に閉塞し、操業性が悪化する。一方、外径が 250 mm を越えると、浸漬ノズル本体が巨大化してハンドリングが困難になるなど、操業が阻害される。そこで、本発明に係る第 1 の連続鋳造用浸漬ノズルでは、旋回羽根の外径 (= 2 R) を 50 ~ 250 mm としている。

【0019】また、本発明に係る第 1 の連続鋳造用浸漬ノズルにおいて、旋回羽根の厚みが旋回羽根外径の 5 % 未満であると、構造体としての強度が不足し鋳込中に破損する虞がある。また、旋回羽根外径の 30 % を越える厚みは、強度上は不要であるばかりか、いたずらに流動抵抗を増す要因となる。そこで、本発明に係る第 1 の連

10

20

続鋳造用浸漬ノズルでは、旋回羽根の厚みを外径の 5 ~ 30 % としている。構造上の強度が求められるのは、タンディッシュからの溶鋼流にさらされる旋回羽根の上部であるので、必要に応じて上記厚みの範囲内において上部を厚く下部を薄く成形してもよい。

【0020】また、内部に捩り板型旋回羽根を設置した旋回流ノズル 1 において、図 1 に示したように、旋回羽根 2 の下端と吐出孔 1a との間において内径を絞ることは、下記のように旋回羽根 2 によって形成される旋回流を均一化する上で必要であり、その際、絞り後の断面積は、数式 2 で定義される旋回羽根部流路有効断面積  $S_e$  の最小値の 0.5 ~ 1.8 倍とするのがよい。

【0021】旋回羽根部の流路面積は、横断面で見ると、旋回羽根部のノズル孔内径で規定される円断面から略長方形形状の旋回羽根専有面積を除いた旋回羽根部横断面流路面積  $S_1$  (mm<sup>2</sup>) であるが、旋回羽根内の溶鋼は捩りピッチ  $P_c$  に対応した角度  $\theta$  を持つて流れるので、本発明では、旋回羽根部流路有効断面積  $S_e$  をこの流動角を考慮して数式 2 のように定義した。

【0022】ところで、旋回羽根 2 の下端から流出した溶鋼は、旋回羽根 2 (捩り板) の両側で形成された 2 つの捩り流に分かれて流下する。従って、旋回羽根 2 の下端と吐出孔 1a との間において、図 1 に示したように、ノズル孔の内径を絞ることは、この 2 つの捩り流を混ぜ合わせ、均一な旋回流を得る効果を有する。

【0023】しかしながら、この絞り後の断面積が、数式 2 で定義される旋回羽根部流路有効断面積  $S_e$  の最小値の 0.5 倍未満となるような過剰な絞りは不要であるばかりか、いたずらに流動抵抗を増やす要因となる。反対に、絞り後の断面積が、数式 2 で定義される旋回羽根部流路有効断面積  $S_e$  の最小値の 1.8 倍を越えると、上記絞り効果が不十分となる。そこで、本発明に係る第 1 の連続鋳造用浸漬ノズルでは、絞り後の横断面積を数式 2 で定義される旋回羽根部流路有効断面積  $S_e$  の最小値の 0.5 ~ 1.8 倍の範囲内に設定している。

【0024】この 2 つの捩り流を混ぜ合わせ均一な旋回流を得るには、旋回羽根の下端以降、吐出孔までの距離を長くとも有効であるので、操業上無理のない範囲内において旋回羽根を吐出孔から離して設置すると、さらにも均一な旋回流が得られることになる。

【0025】また、本発明者らは、内部に捩り板型旋回羽根を設置した旋回流ノズルが、その捩り板型旋回羽根の影響によりどの程度流動抵抗を増すかについて、水モデル等の実験並びに解析を重ねた。その結果、旋回羽根仕様と溶鋼スループットとの関係においてタンディッシュと鋳型間の必要ヘッドを予測する数式 3 の導出に到った。

【0026】ここで、旋回速度定数  $K$  (mm<sup>2</sup>) とは、旋回流外周部のノズル横断面投影旋回速度成分を  $W$  (m m/sec), ノズル内溶鋼流量を  $Q$  (mm<sup>3</sup>/sec)

50

c)としたとき、 $W = K \cdot Q$ を満たす定数であり、溶鋼流量に対して得られる旋回流の強さを表す指標である。

【0027】この旋回速度定数Kは溶鋼を非圧縮性流体と仮定した上で、質量保存則と角運動量保存則を用いて、以下の式4～10のように導出した。先ず、あるピッチの旋回羽根により形成される旋回流を、図2に示すように、ねじのピッチ及び捩り角と推進距離との関係に置き換えてモデル化した。旋回流のノズル横断面投影旋回速度成分Wは羽根外周部における流速を代表旋回流速として用いた。

【0028】ノズル横断面投影旋回速度成分Wは、ノズル横断面投影鉛直速度成分V、旋回羽根の半径をR、旋回羽根の捩り角をθ、推進距離すなわち旋回羽根捩り部長さをLとした場合、図2より、下記の式4で表わすことができる。

【0029】

【数4】  $W = V \cdot R \cdot \theta / L$

【0030】一方、旋回流ノズルの捩りピッチPcはL/D = L/2Rであることから、これを変形するとR/L = 1/2Pcとなる。そして、これと、旋回羽根の捩り角θ = π(180°)を上記した式4に代入すると、ノズル横断面投影旋回速度成分Wは、下記の式5で求めることができる。

【0031】

【数5】  $W = (V \cdot \pi) / (2 \cdot P_c)$

【0032】また、図3に示したような旋回流ノズル1において、旋回羽根2の下端と吐出孔1a間における絞り後のノズル孔の内径D<sub>1</sub>(mm)部分における旋回速度定数Kは、上記したように下記の式6で表わされ、この絞り後のノズル孔の内径D<sub>1</sub>部分における旋回流速W<sub>1</sub>は、角運動量保存則より下記の式7で表わすことができる。

【0033】

【数6】  $K = W_1 / Q$

【0034】

【数7】  $W_1 = W_1 \cdot (D_1 / D_2)$

【0035】また、旋回羽根内における流動に上記した式5を適用した場合、下記の式8となる。

【0036】

【数8】  $W_1 = (V_1 \cdot \pi) / (2 \cdot P_c)$

【0037】質量保存則より旋回羽根部におけるノズル横断面投影鉛直速度成分V<sub>1</sub>は、下記式9で表すことができることから、上記した式6に式7～9を代入すると、旋回速度定数Kは下記の式10で表わすことができる。

【0038】

【数9】  $V_1 = Q / (\pi (D_1 / 2)^2 - A)$

但し、A：旋回羽根の占有断面積(横断面)

【0039】

【数10】  $K = \pi (D_1 / D_2) / [2 \cdot \{\pi (D_1 /$

$2)^2 - A\} \cdot P_c]$

【0040】このようにして求めた旋回速度定数Kは、質量保存則と角運動量保存則から自ずと導出されるものであり本質的に新規性はないが、本発明者らは、旋回に要するエネルギー損失が流動抵抗の主体であると考えたので、旋回速度定数K並びに旋回流ノズル内を流下する溶鋼のスループットTP(単位時間当たりのノズル内通鋼重量)をパラメータとすると、タンディッシュと鋳型間の必要ヘッドを予測する実験式が得られるとの考えに到り、解析の結果、上記した式3を得た。

【0041】上記した式3により求めたタンディッシュと鋳型間の必要ヘッド予測値Hと、実測値とは図4のように良い相関を示した。従って、本発明に係る第1の連続鋳造用浸漬ノズルでは、溶鋼を用いた実機試験の結果から、式3により求められるタンディッシュと鋳型間の必要ヘッド予測値Hの適正範囲を0.3～2.0mとした。

【0042】すなわち、溶鋼を用いた実機試験の結果によれば、タンディッシュと鋳型間の必要ヘッド予測値Hが0.3m未満の場合には、旋回付与に必要なエネルギーが不足し十分な旋回流が得られない。また、前記必要ヘッド予測値Hが2.0mを越えると、タンディッシュ内に溶鋼を一杯溜めた場合にも、鋳型湯面とのヘッド差が不足し、必要な溶鋼スループットTPを確保できないからである。なお、前記必要ヘッド予測値Hが過大な条件下での鋳造は、一般的な連続鋳造機では困難であり、タンディッシュを嵩上げする等の大掛かりな連続鋳造機の改造が必要となり、実用的とは言えない。

【0043】上記した本発明に係る第1の連続鋳造用浸漬ノズルにおいて、旋回羽根上端の長手方向がタンディッシュ底部のスライディングゲートの摺動方向と平行となるように設置した場合には、流量調整装置がスライディングゲートである場合に、旋回羽根の両側に均等に溶鋼を分配することができ、より均一な旋回流が形成される。これが本発明に係る第2の連続鋳造用浸漬ノズルである。

【0044】溶鋼流は、タンディッシュ底部の流量調整装置、例えばスライディングゲート4aを通過する際に、溶鋼下降流速分布が偏り易くなる。一方、図5に示したように、旋回流ノズル1の旋回羽根2の上流側においてノズル孔1bの内径を縮減する絞り部3を設けた場合には、絞り部3の流動抵抗が旋回流ノズル横断面内の溶鋼下降流速分布を均一化する作用を有することから、旋回羽根2の両側にさらに均等に溶鋼を分配することができ、旋回流の均一性が高まる。

【0045】しかしながら、本発明者らの実験によれば、絞り部を設ける位置が旋回羽根の上端から200mmを越えた上流側では、絞りの下降流速分布均一化効果が減少する傾向にあった。また、絞りによる断面積縮減率が10%未満であると、十分な溶鋼下降流速分布の均

一化作用が得られない。反対に、断面積縮減率が35%を越えると、絞りによる流動抵抗が過大になるという弊害が生じる。そこで、旋回羽根の上流側におけるノズル孔内径の絞り部は、旋回羽根の上端から200mm以内の上流側において、10~35%の範囲で縮減することにした。これが本発明に係る第3の連続鋳造用浸漬ノズルである。

【0046】上述のように適正に設計した本発明に係る連続鋳造用浸漬ノズルの底部近傍に對向する2つの吐出孔を穿って矩形断面鋳型内に注湯する場合、旋回流の影響により、溶鋼が旋回方向に振れて吐出することになる。

【0047】本発明者らは、通常の吐出孔を有する旋回流ノズルを用いて吐出方向の振れの影響を調査した結果、本来、鋳型短辺5aを向いて吐出するべき流れが鋳型長辺5bに向いて図6に矢印で示したように吐出すると、鋳型長辺5bへの衝突時に著しい流速減衰が生じ、湯面における溶鋼流速が大きく低下することを知見した。

【0048】そして、本発明者らのさらなる実験によれば、湯面における溶鋼流速の低下は、溶鋼流の凝固シェル洗浄作用を損ない、凝固シェルへの気泡や非金属介在物の捕捉を助長する結果、鋳片の表面品質を劣化させるが、この旋回流に起因する吐出方向の振れによる悪影響は、以下のようにすることで、払拭されることを知見した。

【0049】すなわち、底部近傍に對向する2つの吐出孔を有した上記した本発明に係る第1~3の連続鋳造用浸漬ノズルにおいて、タンディッシュ底部の流量調整装置の下流側に設置した際、2つの吐出孔からの吐出流が矩形断面鋳型の長辺と平行に吐出するよう、図7に示すように、前記2つの吐出孔1aを鋳型長辺5bと平行な線から反旋回方向に2~10°振った状態となるよう開設したり、或いは、本発明に係る第1~3の連続鋳造用浸漬ノズルを、2つの吐出孔からの吐出流が矩形断面鋳型の長辺と平行に吐出するよう、前記2つの吐出孔が鋳型長辺と平行な線から反旋回方向に2~10°振った状態となるよう設置して鋳造するのである。これが本発明に係る第4の連続鋳造用浸漬ノズル、及び、本発明に係る第1の連続鋳造方法である。

【0050】この吐出流の振れ角は、旋回速度や吐出孔形状、ノズル肉厚(吐出孔壁の厚み)等の影響を受けて変動するので、ノズルの振り角は吐出溶鋼の角度を見ながら調整することが望ましい。本発明者らの実験においては、吐出流が2~10°の範囲を超えて振れることはなかった。なお、吐出孔側壁角度が一定でない場合(例えば、末広がりの吐出孔)の吐出孔振れ角は、側壁角度平均値に対して定義するものとする。

【0051】本発明者らは、底部近傍に對向する2つの吐出孔を穿った旋回流ノズルを実機適用した場合の、吐

出孔周辺への非金属介在物の付着状況を、吐出孔開孔状況を変えて調査した。その結果、吐出孔1aの幅をノズル孔1bの内径よりも小さい矩形状となした吐出孔側壁の一方を、図8(a)(b)に示したように、ノズル孔1bの内壁に沿う旋回流の旋回接線方向に倣って開孔し、対向する2つの吐出孔1aがノズル中心軸に対し点対称となるように開孔した場合に、吐出孔周辺への非金属介在物付着が少ないことを見出した。これが本発明に係る第5の連続鋳造用浸漬ノズルである。この本発明に係る第5の連続鋳造用浸漬ノズルによれば、吐出孔周辺の流動渦み域が小さくなつて介在物の付着軽減に効果を奏する。

【0052】旋回流ノズルは、旋回流に作用する遠心力により2つの吐出孔に強制的に吐出流を分配するので、対称位置にある各吐出孔からの吐出流量が均等になる利点を有する。しかしながら、鋳込の進行とともに旋回羽根に非金属介在物が付着して旋回流が不均等になると、図9(a)に示したように、各吐出孔1aからの吐出流量に差異が生じる場合がある。

【0053】本発明者らの実験によれば、このような場合にも、ノズル底部に図9(b)に示したような深さが5~30mmの滝壺状凹部1cを有していると、比較的均等な吐出流量分配を維持できることが判明した。これは、滝壺状凹部が偏った流れを再分配する作用を有するためである。

【0054】この際、吐出孔からの吐出角度は、下向き15°以上、40°以下に調整することが望ましい。本発明者らは、水モデル実験により鋳型内流動を注意深く観察した結果、旋回流ノズル1の吐出孔1aからの吐出角度が下向き15°より浅いと、図10の右半分に示したように、白抜き矢印で示した吐出流と斜線網かけ矢印で示した鋳型短辺5aからの反転流とが干渉し大きな湯面変動を生じることを見出した。湯面変動の増大は凝固シェル6への非金属介在物付着やモールドパウダー巻き込み等の鋳片表面欠陥を発生させる。

【0055】一方、旋回流ノズルの吐出孔からの吐出角度が下向き40°より深すぎる場合には、各吐出孔からの吐出流量が均等になる利点を有する旋回流ノズルを適用しているにもかかわらず、鋳型内流動に自励振動的片流れが発生し、流れが偏った側の湯面が大きく変動することを見出した。

【0056】これらの知見により、本発明者らは、上記した適正な吐出角度の範囲を定めるに至ったのである。旋回流ノズルの吐出孔からの吐出角度が本発明の範囲内であれば、図10の左半分に示したように、白抜き矢印で示した吐出流と斜面網かけ矢印で示した鋳型短辺5aからの反転流との干渉が少なく、湯面変動に大きな影響を与えない。本発明者らの水モデル実験によれば、最も望ましい吐出孔からの吐出角度は下向き20°以上、30°以下であった。

【0057】上記した吐出角度は、旋回流の捩りピッチにより変化するが、吐出孔壁角度や吐出孔の大きさ、吐出流に含まれる不活性ガス量を調整することにより適正な範囲に制御することが可能である。各因子の影響は、一般的に捩りピッチが大きい場合や、吐出孔の上下壁が下向きの大きな角度である場合や、吐出孔が大きい場合や、吐出流に含まれる不活性ガス量が少ない場合に下向きの吐出角度が大きくなる傾向にある。

【0058】本発明に係る連続鋳造用浸漬ノズルにあっては、鋳型内湯面（メニスカス）の平均流速は20 cm/sec以上、60 cm/sec以下が望ましい。20 cm/secよりも遅いと溶鋼流の凝固シェル洗浄作用を損ない、凝固シェルへの気泡や非金属介在物の捕捉を助長し、鋳片表面品質悪化を招くからである。また、鋳型内湯面（メニスカス）の平均流速が60 cm/secよりも過大であると、湯面に渦が発生してモールドパウダーを巻き込むからである。

【0059】鋳型内湯面（メニスカス）の平均流速は、鋳造速度、溶鋼スループット、鋳型形状等により変化するが、吐出孔面積の増減に応じて減少、増加する特性を活かして適正範囲に調整することが可能である。溶鋼吐出角度を適正值に保った時、各因子の影響は、鋳造速度や溶鋼スループットが大きい場合や、鋳型断面積が小さい場合や、吐出孔面積が小さい場合にメニスカス流速が大きくなる傾向にある。

【0060】これらノズル底部への竈壺状凹部の設置、溶鋼吐出角度の適正化、鋳型内湯面（メニスカス）平均流速の調整を同時にすると、安定して適正な流動を保つことができる。これが本発明に係る第6の連続鋳造用浸漬ノズルである。

【0061】本発明者らは、ノズル側壁に複数の吐出孔を穿つ場合に、吐出孔上壁の形状と吐出孔上部への非金属介在物付着状況との関係を調査した。その結果、図11に示すように、吐出孔1aの上壁1aaを半径R1が40 mm以上、180 mm以下の円弧状となし、ノズル孔1bの内壁から吐出孔1aの上壁1aaに向って拡管状断面を有するように成形した場合に、吐出孔上部への非金属介在物の付着が少ないと見出した。これが本発明に係る第7の連続鋳造用浸漬ノズルである。

【0062】このような吐出孔上壁形状にすると、旋回しつつ流下する溶鋼流が遠心力により拡管状の吐出孔上壁に沿って吐出するようになるので、吐出孔上壁部の流動淀み域が小さくなり、介在物付着が軽減される。しかし、吐出孔上壁の半径R1が40 mmよりも小さい場合には、曲率が急であるために吐出流の剥離が生じやすく、介在物付着軽減効果が損なわれる。また、180 mmよりも大きい場合には、吐出孔上壁部のノズル肉厚が薄くなり、ノズルの耐久性が低下する。そこで、本発明に係る第7の連続鋳造用浸漬ノズルでは上記半径R1を40 mm以上、180 mm以下としたのである。

10

20

30

40

50

【0063】旋回流ノズルを用いて矩形断面鋳型に給湯する場合、鋳型幅中央から何れかの短辺側に偏って設置されると、鋳型内の流動が不均等となり、旋回流ノズルのメリットを十分に享受することができない。本発明者らの実験によると、図12に示すように、旋回流ノズル1が鋳型幅中央から50 mm以上偏って設置されると、図13に示したように、鋳片の表面品質の悪化が顕著であった。このことから、旋回流ノズルは鋳型幅中央から50 mm以内に設置することが望まれる。本発明者らの実験によると、鋳型幅中央から20 mm以内に設置した場合には、更に好ましい結果が得られた。これが本発明に係る第2の連続鋳造方法である。

【0064】次に、底の無い単孔の吐出孔を形成した連続鋳造用浸漬ノズルについて、説明する。図14に示したように、底の無い単孔の吐出孔1aのノズル孔1bの内壁との連続部分を円弧状となし、ノズル孔1bの内壁から吐出孔1aに向って拡管状断面を有するように成形すると、旋回しつつ流下する溶鋼が遠心力により横に広がりつつ吐出するので、図15に示したような通常の単孔ノズル7を採用した場合のように、吐出流により非金属介在物が鋳片の深くへ持ち込まれたり、鋳型内湯面（メニスカス）への溶鋼供給が不十分で温度が低下し気泡や非金属介在物の浮上分離が妨げられるといった問題が解消される。また、吐出孔近傍での溶鋼流の淀み域が小さくなるので、吐出孔への介在物付着も減少する。なお、図14中の4bはタンディッシュ底部の流量調整装置であるストップバーを示す。

【0065】しかしながら、前記したノズル孔内壁との連続部分の円弧状の半径R2が40 mmよりも小さい場合には、曲率が急であるために吐出流の剥離に伴う淀み域が生じやすく、介在物付着軽減効果が損なわれる。一方、半径R2が180 mmよりも大きい場合には、吐出孔上壁部のノズル肉厚が薄くなり、ノズルの耐久性が低下する。そこで、本発明の連続鋳造用浸漬ノズルでは、上記本発明に係る底の無い単孔の吐出孔を有した第1～3の連続鋳造用浸漬ノズルにおいて、前記した半径R2を40 mm以上、180 mm以下とした。これが本発明に係る第8の連続鋳造用浸漬ノズルである。

【0066】ところで、スラブの連続鋳造に水平循環流を形成する鋳型内電磁攪拌を適用する場合に問題となるのは、2孔ノズルからの吐出流により鋳型内に形成される流れ（反転流）9と、電磁攪拌が形成する流れ10とが干渉する点である。この干渉により図16に示すような淀み部位8が発生し、局部的に図16に矢印で示した溶鋼流の凝固シェル洗浄作用が低下することになって、鋳片の表面品質が悪化するという問題が発生する。

【0067】しかしながら、上記した本発明に係る第8の連続鋳造用浸漬ノズルを用いると共に、旋回方向と同方向の水平循環流を形成するよう鋳型内を電磁攪拌すると、上述のような流れの干渉問題が生じることがないの

で、鋳型内電磁攪拌の効果を十分に享受できることになる。これが本発明に係る第3の連続鋳造方法である。なお、同等の効果を有する対策として、通常の単孔ノズルを用いて鋳型内電磁攪拌と鋳型下部に電磁ブレーキを併用することも考えられるが、設備費が高く実現性に乏しい。

【0068】一方、丸ビレットの連続鋳造に上記した本発明に係る第8の連続鋳造用浸漬ノズルを用いると、旋回しつつ流下する溶鋼が遠心力により横に広がりつつ吐出されるので、鋳型内湯面（メニスカス）への上昇流が生じて湯面温度が上昇し、気泡や非金属介在物の浮上分離を促進されるという効果が得られる。

【0069】ところが、本発明者らによる実験の結果、本発明に係る第8の連続鋳造用浸漬ノズルに鋳型内電磁攪拌を併用した場合には、図17に示すように、上述の効果が縮減ないしは消滅することが判明した。なお、図

17中の○印は鋳型径が $\phi 310\text{mm}$ の場合、●印は同じく $\phi 225\text{mm}$ の場合の結果であり、順方向とはノズル内旋回と同方向を、逆方向とはノズル内旋回と逆方向を示す。

【0070】すなわち、丸ビレットの連続鋳造に本発明に係る第8の連続鋳造用浸漬ノズルを用いる場合には、電磁攪拌を実施しないことが望ましい。これが本発明に係る第4の連続鋳造方法である。

【0071】

【実施例】以下、本発明の効果を確認するために行なった実験結果に基づいて説明する。下記表1および表2に本発明の実施例と比較例の条件及びその実験結果を示す。

【0072】

【表1】

項目	実施例A	実施例B	実施例C	実施例D
適合する請求項No.	1~4,6~9	1,2,4,7	1,2,10,12	1,10,11
旋回羽根振りピッチPc	1.6	1.0	1.0	0.8
旋回羽根振り角θ	180°	120°	180°	120°
旋回羽根上端外径D <sub>1U</sub>	102mm	180mm	79mm	85mm
旋回羽根下端外径D <sub>1L</sub>	100mm	170mm	78mm	85mm
旋回羽根上端厚さt <sub>U</sub>	20mm	30mm	13mm	20mm
旋回羽根下端厚さt <sub>L</sub>	20mm	15mm	13mm	20mm
旋回羽根下絞り部外径D <sub>2</sub>	82mm	98mm	50mm	80mm
S <sub>2</sub> /S <sub>0</sub>	1.3	0.7	1.0	1.6
K( $\times 10^{-4}$ mm <sup>-2</sup> )	2.0	1.3	6.52	5.2
溶鋼スループットTP(kg/sec)	102	41.7	10.0	25.0
H(m)	1.8	0.4	0.5	0.6
タンデイッシュ底部流量調整装置	スライディングゲート(S/G)	スライディングゲート(S/G)	スライディングゲート(S/G)	ストッパー
旋回羽根上端の向き	S/G振動方向と平行	S/G振動方向と平行	S/G振動方向と平行	—
旋回羽根上流絞りの有無	有り	無し	無し	無し
旋回羽根上流絞り量	内径22%縮減	—	—	—
旋回羽根上端～絞り下端までの距離	50mm	—	—	—
吐出孔の数	2孔	2孔	単孔	単孔
ノズル振り角(2孔)	反旋回方向7°	反旋回方向3°	—	—
吐出孔配置(2孔)	吐出孔側壁の一方が旋回接線方向に沿う	通常	—	—
ノズル底部溝状凹部の有無	有り(深さ20mm)	有り(深さ15mm)	—	—
吐出孔上壁形状(2孔)	R40mm拡管状断面	水平	—	—
吐出孔下壁形状(2孔)	上向き10°	水平	—	—
吐出孔開孔断面形状(mm)	縦90×横55	縦90×横68	φ50-R120 拡管状	φ80-R150 拡管状
ノズル仕様参考図	図5.7	図1	—	図14
溶鋼吐出角度(2孔ノズル)	下向き20°	下向き25°	—	—
ノズル平均流速	43cm/sec	20cm/sec	<10cm/sec	55cm/sec
鋳型断面形状(mm)	210×1850	230×1250	φ225	206×1024
鋳型内ノズル設置位置の幅中央からのずれ(矩形鋳型)	10mm以内	60mm	—	10mm以内
鋳型内水平回転電磁攪拌	無し	無し	無し	有り(旋回と同方向)
旋回羽根の詰まり	小	小	小	小
吐出孔の詰まり	極小	中	極小	極小
鋳片表面品質	優	良	優	優

注)鋳片表面品質欄の優は疵が<0.5%、良は0.5~2.9%、可は3.0~9.9%、不可は≥10%を示す。

項目	実施例E	実施例F	比較例G	比較例H
適合する請求項No.	1,3,7,8,9	1,2,6,8,9	無し	無し
旋回羽根振りピッチPe	1.2	1.6	3.3	1.5
旋回羽根振り角θ	180°	180°	50°	180°
旋回羽根上端外径D <sub>1U</sub>	120mm	110mm	85mm	40mm
旋回羽根下端外径D <sub>1L</sub>	113mm	100mm	85mm	40mm
旋回羽根上端厚さt <sub>U</sub>	20mm	20mm	28mm	10mm
旋回羽根下端厚さt <sub>L</sub>	10mm	20mm	28mm	10mm
旋回羽根下絞り部外径D <sub>2</sub>	82mm	82mm	84mm	35mm
S <sub>2</sub> /Se	1.0	1.3	1.9	1.6
K( $\times 10^{-4} \text{ mm}^{-2}$ )	2.0	2.0	1.4	13.8
溶鋼スループットTP(kg/sec)	80.0	16.7	18.3	13.3
H(m)	1.0	0.3	0.2	1.1
タンディッシュ底部流量調整装置	スライディングゲート(S/G)	スライディングゲート(S/G)	スライディングゲート(S/G)	スライディングゲート(S/G)
旋回羽根上端の向き	S/G摺動方向と垂直	S/G摺動方向と平行	S/G摺動方向と垂直	S/G摺動方向と平行
旋回羽根上流絞りの有無	有り	無し	無し	無し
旋回羽根上流絞り量	内径28%縮減	—	—	—
旋回羽根上端～絞り下端までの距離	110mm	—	—	—
吐出孔の数	2孔	2孔	2孔	単孔
ノズル振り角(2孔)	0°	0°	0°	—
吐出孔配置(2孔)	通常	吐出孔側壁の方が旋回接線方向に沿う	—	—
ノズル底部溝臺状凹部の有無	有り(深さ8mm)	無し	無し	—
吐出孔上壁形状(2孔)	R80mm拡管状断面	下向き10°	下向き10°	—
吐出孔下壁形状(2孔)	下向き10°	水平	下向き10°	—
吐出孔開孔断面形状(mm)	縦60×横45	縦50×横50	縦60×横68	φ35-R30拡管状
ノズル仕様参考図	—	—	—	—
溶鋼吐出角度(2孔ノズル)	下向き30°	下向き25°	下向き45°	—
メニスカス平均流速	25cm/sec	50cm/sec	18cm/sec	38cm/sec
鋳型断面形状(mm)	210×1550	410×530	230×800	φ380
鋳型内ノズル設置位置の幅中央からのずれ(矩形鋳型)	20mm以内	10mm以内	70mm	—
鋳型内水平回転電磁攪拌	無し	有り(旋回と同方向)	無し	有り(旋回と逆方向)
旋回羽根の詰まり	小	小	小	大
吐出孔の詰まり	小	小	中	中
鋳片表面品質	良	良	不可	良

注)鋳片表面品質欄の優は疵が<0.5%、良は0.5~2.9%、可は3.0~9.9%、不可は≥10%を示す。

【0074】実施例Aは、請求項1～4、6～9を満たす本発明例である。実施例Aでは、旋回羽根上流側に適正な絞りが設けられ、かつ、旋回羽根上端の向き、旋回羽根形状や旋回羽根下の絞りが適正であるので、操業し易く、均一で必要十分な旋回流が形成された。また、旋回羽根の強度は十分に確保され、旋回羽根部における非金属介在物による閉塞も軽微であった。加えて吐出孔形状、振り角、開孔方法、ノズル設置位置が適正であるので、鋳型内湯面の変動が小さく、適切な流速の安定した流れが生じ、優れた鋳片表面品質が得られた。また、吐出孔への非金属介在物付着(詰まり)も軽微であった。

【0075】実施例Bは、請求項1、2、4、7を満たす本発明例である。実施例Bでは、旋回羽根上端の向

き、旋回羽根形状や旋回羽根下の絞りが適正であるので、操業し易く、均一な旋回流が形成された。実施例Aに比べるとタンディッシュと鋳型間の必要ヘッド予測値Hが小さいので旋回はやや弱いものの、十分な旋回流が得られた。また、旋回羽根の強度は十分に確保されている。旋回羽根部における非金属介在物による閉塞も軽微であった。加えて吐出孔形状、振り角、開孔方法が適正であるので、鋳型内湯面では必要とされる流速が安定して確保できている。吐出孔は側壁が旋回接線方向に沿う開孔方法ではなく、吐出孔上壁形状も拡管状ではないので、ある程度吐出孔への非金属介在物付着(詰まり)が見られたが、操業に支障を来たすほどではなかった。実施例Bでは、設備上の制約によりノズルを鋳型幅方向中

央からややすらして設置したが、鋳片表面品質は良好であった。

【0076】実施例Cは、請求項1、2、10、12を満たす本発明例である。実施例Cでは、旋回羽根上端の向き、旋回羽根形状や旋回羽根下の絞りが適正であるので、操業し易く、均一な旋回流が形成された。また、旋回羽根の強度は十分に確保されている。旋回羽根部における非金属介在物による閉塞も軽微であった。実施例Cでは、単孔の吐出孔に適正な拡管状曲率を与えたので、溶鋼流の淀み域が小さく、吐出孔への非金属介在物付着は軽微であった。丸ビレットの鋳造に際し、鋳型内電磁攪拌（水平回転）は実施していないので、吐出流は遠心力により十分に広がり、また、鋳型内湯面温度を上昇させたので、気泡や介在物の浮上分離が促進され、優れた表面品質の鋳片が得られた。

【0077】実施例Dは、請求項1、10、11を満たす本発明例である。実施例Dでは、旋回羽根形状や旋回羽根下の絞りが適正であるので、操業し易く、均一な旋回流が形成された。また、旋回羽根の強度は十分に確保されている。旋回羽根部における非金属介在物による閉塞も軽微であった。実施例Dでは、単孔の吐出孔に適正な拡管状曲率を与えたので、溶鋼流の淀み域が小さく、吐出孔への非金属介在物付着は軽微であった。加えて単孔の旋回流ノズルと鋳型内電磁攪拌（水平回転）とを組み合わせてスラブを鋳造したので、円滑かつ安定した鋳型内湯面（メニスカス）流動が得られ、表面品質は極めて良好であった。

【0078】実施例Eは、請求項1、3、7、8、9を満たす本発明例である。実施例Eでは、旋回羽根上流側に適正な絞りが設けられ、かつ、旋回羽根上端の向き、旋回羽根形状や旋回羽根下の絞りが適正であるので、操業し易く、均一で必要十分な旋回流が形成された。また、旋回羽根の強度は十分に確保されている。旋回羽根部における非金属介在物による閉塞も軽微であった。実施例Eではノズル振り角は与えていないので、吐出流が長辺に衝突し流速が低下する傾向にあったが、吐出孔を実施例A或いは実施例Bなどに比べて小さめに調整することにより、吐出速度を速めてこれをカバーし、加えて、吐出孔上下壁の形状、ノズル設置位置を適正化することにより、鋳型内湯面の変動が小さく、適切な流速の安定した流れが形成され、良好な鋳片表面品質が得られた。吐出孔は、側壁が旋回接線方向に沿う開孔方法ではないので、若干の非金属介在物付着（詰まり）が見られたが、大きな問題とはならなかった。

【0079】実施例Fは、請求項1、2、6、8、9を満たす本発明例である。実施例Fでは、旋回羽根上端の向き、旋回羽根形状や旋回羽根下の絞りが適正であるので、操業し易く、均一で必要十分な旋回流が形成された。また、旋回羽根の強度は十分に確保されている。旋回羽根部における非金属介在物による閉塞も軽微であっ

た。ノズル振り角は与えていないが鋳片厚が410mmと厚いので、吐出流の長辺への衝突は無視できる程度に小さく影響が無かった。また、鋳型内電磁攪拌（水平回転）と2孔ノズルとを組み合せたが、溶鋼スループットが小さく吐出流が少ないため吐出流と電磁攪拌流との干渉問題は生じなかった。吐出孔形状、吐出孔開孔方法、ノズル設置位置が適正であったので、鋳型内湯面変動は小さく、電磁攪拌との組み合わせで適切な流速の安定した流れが得られ、良い表面品質の鋳片が得られた。吐出孔上壁形状が拡管状ではないので、若干、吐出孔への非金属介在物付着（詰まり）が見られたものの、問題となるレベルではなかった。

【0080】上記した実施例に対して、比較例Gは、旋回羽根の振りピッチPcが過大でタンディッシュと鋳型間の必要ヘッド予測値Hが小さいので、十分な旋回流が得られなかった。また、旋回羽根の振り角θが45°と小さく、旋回羽根下の絞りも不十分（S<sub>1</sub>／S<sub>e</sub>が1.9と大きい）であり、スライディングゲートの摺動方向と旋回羽根上端長手方向の向きが平行ではなく、さらに、旋回羽根上流に絞りが無いことから、形成される旋回流が不均一であった。また、旋回羽根厚みが過大で流路を挟めているので、非金属介在物が詰まると旋回羽根部が容易に閉塞した。加えて、ノズル振り角が付与されていないので吐出流が長辺に衝突し流速が低下する傾向にあった。さらに、溶鋼吐出角度が45°と過度に深いので、鋳型湯面（メニスカス）流速が18cm/secと小さく、凝固シェル洗浄作用が不十分であった。溶鋼吐出角度が過度に深いことは、鋳型内において溶鋼流の片流れを生じる要因もある。また、ノズル設置位置が鋳型幅方向中心から70mmと大きくずれているので鋳型内流動が不均等であった。従って、鋳造したスラブには、これら旋回流の不均一さや鋳型内流動の不安定性に起因する鋳片表面疵が多く発生した。

【0081】また、比較例Hは、旋回羽根部ノズル内径（旋回羽根径）D<sub>1</sub>が40mmと小さく、旋回羽根部の詰まりが顕著に発生した。また、丸ビレットの鋳造に際し、鋳型内電磁攪拌（水平回転）を併せて実施したので、吐出流が遠心力により広がり鋳型内湯面温度を上昇させるという旋回流ノズルの作用が十分に発揮できず、鋳片表面品質が悪化した。また、吐出孔の拡管曲率Rが30mmと小さいので、急激な拡管形状となっており、吐出流の淀み域が生じ吐出孔への介在物付着が見られた。

【0082】なお、本発明は上記した実施例に限らないことは勿論であり、上記した実施例以外であっても、上記した実施例に付加した或いは削減した構成の作用効果が付加されたり、削減されたりするだけであることは言うまでもない。

【発明の効果】以上説明したように、本発明は上記した

実施例や比較例からも明らかなように、以下のような旋回流ノズルに期待される効果を享受することができる。すなわち、底面に対向する2つの吐出孔を有する2孔ノズルの場合には、遠心力により2つの吐出孔に溶鋼が強制的に分配され吐出するので、2つの吐出孔からの吐出流量や吐出速度の変動が小さく安定しており、鋳型内に不均等な流動（片流れ）が生じ難く、鋳型内流動の不均等（片流れ）に起因する鋳片表面疵を低減する効果が期待できる。

【0084】また、筒状ノズルの底部に1つの吐出孔を有する単孔ノズルの場合には、旋回流ノズルを適用すると、遠心力により吐出流が広がりながら吐出するので、吐出流速が低下し、吐出流が鋳片内に侵入する深さが低下するという電磁ブレーキ的效果により、鋳型内における介在物の浮上が促進されたり、鋳型内湯面（メニスカス）温度が上昇してモールドバウダーの溶融淬化が促進され鋳片肌が改善されたり、鋳片内部の温度が低下し等軸晶が増え鋳片中心部のボロシティ（引け巣）欠陥が減少するといった効果が期待される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る連続鋳造用浸漬ノズルの第1実施例を断面して示した図である。

【図2】ねじのモデル概念図である。

【図3】旋回流ノズルを採用した場合における旋回流形成モデルを示した図である。

【図4】タンディッシュと鋳型間の必要ヘッド予測値Hと実測値との相関を示した図である。

【図5】本発明に係る連続鋳造用浸漬ノズルの第2実施例を断面して示した図である。

【図6】吐出流が鋳型長辺に向って吐出し、鋳型長辺衝突時に著しく減衰する状況を模式的に示した図である。

【図7】本発明に係る連続鋳造用浸漬ノズルの第3実施例を吐出孔部分を横断面して示した図である。

【図8】(a) (b)は本発明に係る連続鋳造用浸漬ノズルの第4実施例を吐出孔部分を横断面して示した図である。

\* ズルの第4実施例を吐出孔部分を横断面して示した図である。

【図9】旋回流ノズルの底部を縦断面して示した図で、(a)は滝壺状凹部を形成しないもの、(b)は滝壺状凹部を形成したものである。

【図10】旋回流ノズルの吐出孔の吐出角度が湯面に及ぼす影響を示した図で、右半分は吐出角度が浅い場合、左半分は吐出角度が適正な場合を示す。

【図11】本発明に係る連続鋳造用浸漬ノズルの第5実施例を吐出孔部分を縦断面して示した図である。

【図12】旋回流ノズルが鋳型幅中央から50mmを越えて偏って鋳込まれている状況を模式的に示した図である。

【図13】旋回流ノズルの設置位置が品質に及ぼす影響を示した図である。

【図14】本発明に係る連続鋳造用浸漬ノズルの第6実施例を断面して示した図である。

【図15】通常の単孔ノズル使用時における鋳型内流動パターンを模式的に示した図である。

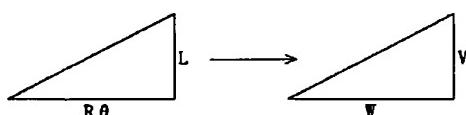
【図16】2孔ノズルにより鋳型内に形成される流れと電磁攪拌形成流との干渉状況を模式的に示した図である。

【図17】旋回流ノズルと電磁攪拌を組合せた場合のメニスカス温度への影響を表わした図である。

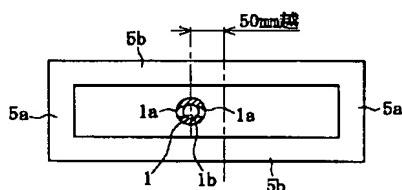
【符号の説明】

- |      |        |
|------|--------|
| 1    | 旋回流ノズル |
| 1a   | 吐出孔    |
| 1a a | 上壁     |
| 1b   | ノズル孔   |
| 1c   | 滝壺状凹部  |
| 2    | 旋回羽根   |
| 3    | 絞り部    |

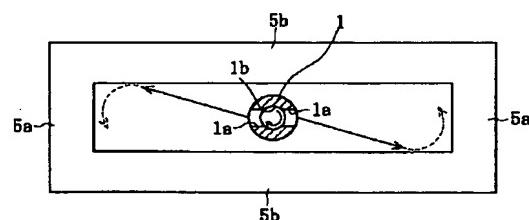
【図2】



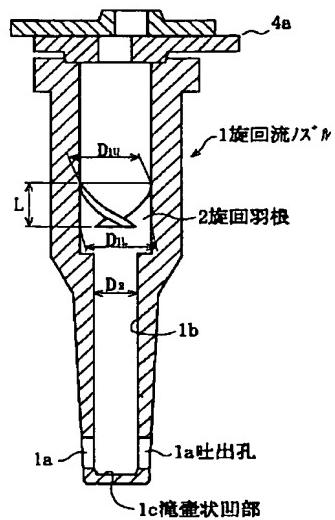
【図12】



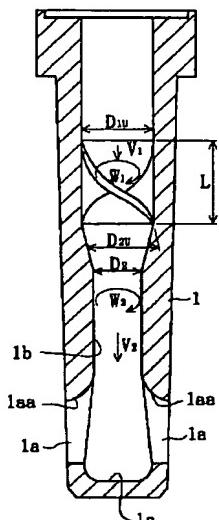
【図6】



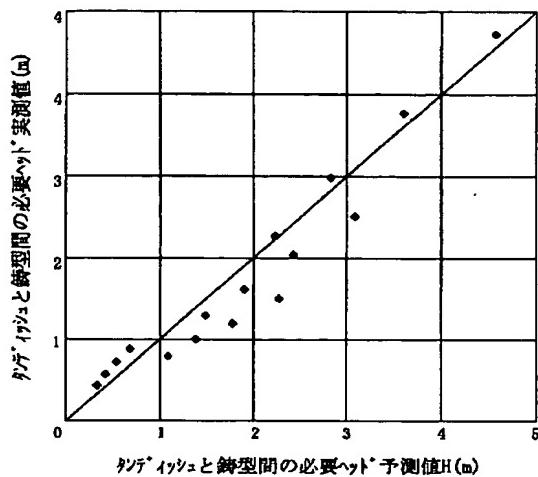
【図1】



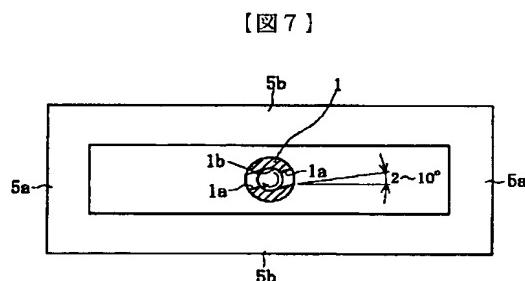
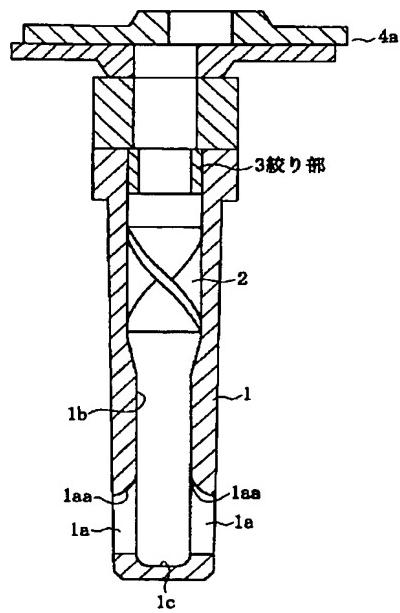
【図3】



【図4】

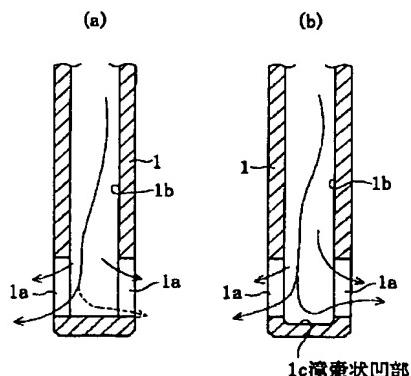


【図5】

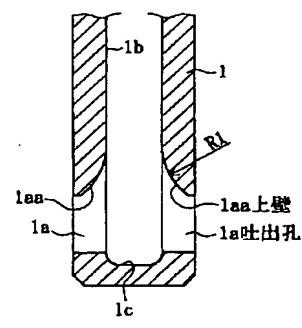


【図7】

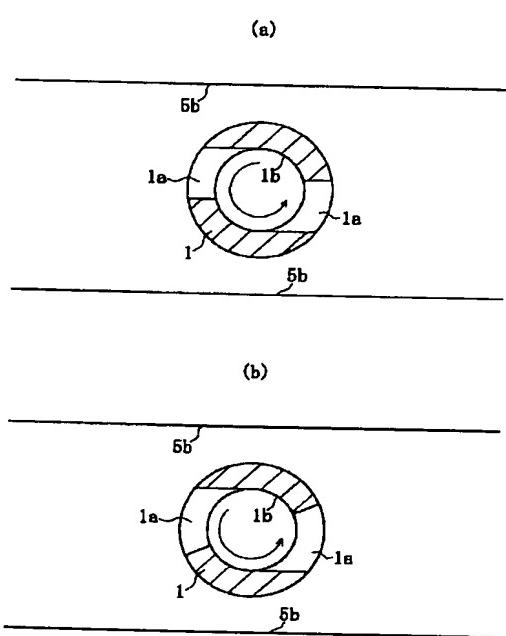
【図9】



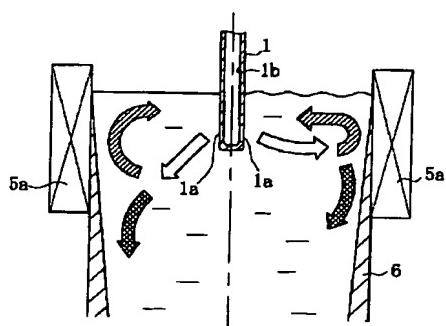
【図11】



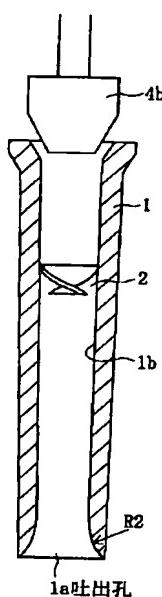
【図8】



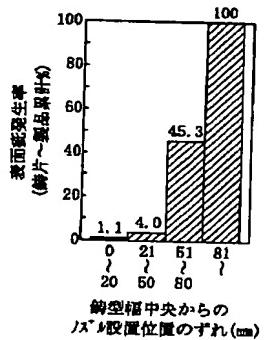
【図10】



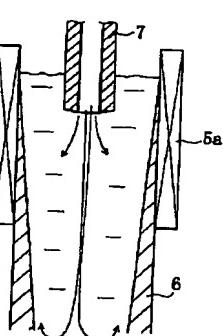
【図14】



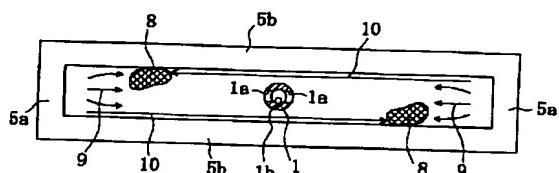
【図13】



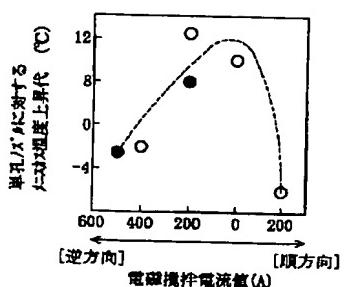
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

(72)発明者 加藤 徹  
大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号  
住友金属工業株式会社内  
(72)発明者 川本 正幸  
大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号  
住友金属工業株式会社内  
(72)発明者 丸川 雄淨  
大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号  
住友金属工業株式会社内

(72)発明者 原 茂太  
大阪府吹田市山田丘2-1 大阪大学工学  
部内  
(72)発明者 横谷 真一郎  
埼玉県南埼玉郡宮代町学園台4-1 日本  
工業大学内  
(72)発明者 野々部 和男  
岡山県備前市浦伊部1175 九州耐火煉瓦株  
式会社内  
F ターム(参考) 4E004 AA09 FB02 MB12 NB01 NC01